

## **Lithostratigraphie und Sedimentologie der Uran- führenden Langer Heinrich Formation/Namibia**

Roy Trittschack und Gregor Borg

mit 6 Abbildungen und 2 Tabellen

**Zusammenfassung:** Gegenstand der Untersuchung war die geomorphologische und sedimentäre Aufnahme und Untergliederung diverser Deflationsoberflächen und Kalkkrustengenerationen im Bereich der Langer Heinrich Uran Mine/Namibia. Neben der vor Ort durchgeführten Auswertung von Klastenspektren via Zählverfahren kamen analytische Methoden zur Bestimmung der Zementzusammensetzung und der Tonmineralassoziation, wie SWIR Spektroskopie, Röntgendiffraktionsanalyse, Polarisations- und Kathodolumineszenzmikroskopie zum Einsatz. Eine Kombination der Ergebnisse erbrachte ein klares Bild für die Neugliederung und Altersabfolge der vorhandenen Einheiten.

**Abstract:** The task of this study was the geomorphological and sedimentological identification and subdivision of various deflation surfaces and calcrete generations around the Langer Heinrich uranium mine/Namibia. Clast counting statistics offer a chance for the classification of different surfaces and the determination of particular sources. Analytical techniques comprise SWIR spectroscopy, XRD, light and cathodoluminescence microscopy and were used for the identification of cement types and clay mineral associations. A combination of several results provided the base for the correlation of the investigated units.

### **Einleitung**

Das Untersuchungsgebiet befindet sich am nordöstlichen Rand der Namib Wüste, unmittelbar südlich des Langer Heinrich Berges (1152 m ü. NN), der sowohl namensgebend für die Langer Heinrich Formation und die seit 2007 in Produktion befindliche Langer Heinrich Uran Mine ist (Abb. 1). Die Langer Heinrich Formation erstreckt sich über 15 km entlang eines ephemeren Flusses, dem Gawib River, einem kleineren Nebenfluss des Swakop Rivers, und reicht bis in die Gawib Flats im Westen des Untersuchungsgebietes hinaus.

Ein Nachweis des Uran-führenden Minerals Karnotit wurde bereits in den 1950ern durch VON STRYK erbracht (HARTLEB 1988). Umfangreiche Explorations- und Prospektionstätigkeiten in den 1970er und 1980er Jahren durch General Mining Union Corporation Limited (kurz: Gencor) beinhalteten die vollständige radiometrische Aufnahme durch Befliegungen, ein weit gespanntes Bohrprogramm und die Anlage eines Explorationsgrabens zur sedimentologisch-petrographischen Beschreibung und zur detaillierten Probenahme (HARTLEB 1988) der klastischen Sedimentserie.

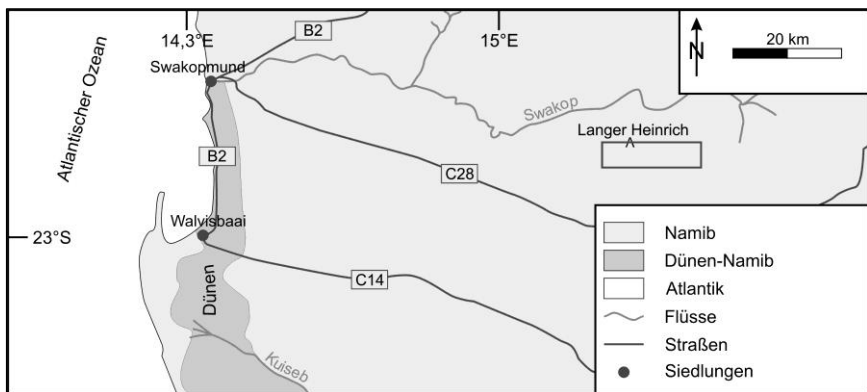


Abb. 1: Karte des nördlichen Gebietes des Namib-Naukluft-Parkes östlich von Swakopmund und Walvis Bay mit der Lage des Untersuchungsgebietes (markiertes Rechteck); Grundlage: GoogleMaps®, Stand: 15.09.2008

Der Begriff Langer Heinrich Formation geht in seiner ursprünglichen Definition auf die Arbeit von HAMBLETON-JONES (1976) zurück. Jüngere Arbeiten von CARLISLE et al. (1978), HAMBLETON-JONES (1984), HAMBLETON-JONES et al. (1986), HARTLEB (1988), WILKINSON (1990), KEMPF (2000) und VAN DER WATEREN & DUNAI (2001) erwähnen und beschreiben die Langer Heinrich Formation erneut, allerdings zum Teil über die ursprünglich definierten Grenzen hinaus, wodurch es in einigen der zitierten Arbeiten zu Unstimmigkeiten mit der Alterseinstufung und vor allem der Urananreicherung kommt.

## Geologischer Überblick

Die Geologie der Langer Heinrich Mine und deren näherer Umgebung wird von metamorphen Gesteinen der Nosib- und Swakop-Gruppe (Tab. 1), syn- bis post-tektonischen S-Typ Graniten (z.B. Bloedkoppie Granit) und den nicht metamorph überprägten, jedoch zum Teil intensiv verkrusteten Gesteinen der sedimentären Namib-Gruppe dominiert (HARTLEB 1988). Eine intensive tektonische Beanspruchung des Grundgebirges wird in dem sattelartigen Internbau des Langer Heinrich Berges (Etusis-Formation) und an der deutlich ausgeprägten Foliationsrichtung innerhalb der Tinkas-Formation sichtbar. Letzteres Charakteristikum beruht auf dem unterschiedlichen Verwitterungsverhalten der Meta-Sedimente der Tinkas-Formation. Diese Eigenschaft spiegelt sich überdies in der Bezeichnung „Schieferberge“ für das südlich angrenzende Gebiet des Gawib Rivers wider. Jüngere Intrusiva, wie der Bloedkoppie Granit und diverse Pegmatitgenerationen, orientieren sich an der vorrangig SW-NE

gerichteten Foliationsrichtung. Eine vereinfachte Altersabfolge findet sich in Tab. 1.

Alle jüngeren Sedimente des Untersuchungsgebietes sind durch die „Namib unconformity surface“ (kurz: NUS) von dem Grundgebirge getrennt.

**Tab. 1:** Vereinfachte stratigraphische Abfolge der zentralen Namib (Zusammengestellt nach HAMBLETON-JONES 1976, SASC 1980, MILLER 1982, HARTLEB 1988, WILKINSON 1990, PETTERS 1991, KEMPF 2000 und VAN DER WATEREN & DUNAI 2001)

| Serie  | Gruppe   | Subgruppe              | Formation       |
|--|--|------------------------|-----------------|
| Plio-/Pleistozän                               | Namib  | Gawib                  | Sossus Sand     |
| Miozän   |  |                        | Tumas           |
| ~~~~~  |  | ~~~~~ Diskordanz ~~~~~ |                 |
| Miozän?  |  | Gobabeb                | Langer Heinrich |
| Eozän bis Miozän                               |  |                        | Tsondab         |
| ~~~~~ „Namib unconformity surface – NUS“ ~~~~~ |  |                        |                 |
| Kambrium                                       | Post-tektonische Damara Granitoide (z.B. Bloedkoppie Granit) |                        |                 |
| Neoproterozoikum                               | Swakop   | Khomas                 | Tinkas          |
|  |  |                        | Chuos           |
|  | ~~~~~ Diskordanz ~~~~~                                       |                        |                 |
|  | Nosib  |                        | Etusis          |

### Methoden

Während der Untersuchungen zu dieser Studie wurden gestörte und ungestörte Lockersedimentproben der verschiedenen Deflationsoberflächen sowie verfestigte Duricrustproben entnommen. Diese Proben wurden mit Hilfe eines ASDI Terraspec® Spektrometers im Spektralbereich zwischen 350 und 2500 nm untersucht, um eine Aussage über signifikante Tonmineral- und Zementassoziationen zu erhalten. Zusätzlich wurde ein repräsentativer Anteil der genommenen Lockersedimentproben für die Tonmineraluntersuchung verwendet, um die Fraktion kleiner zwei Mikrometer zu separieren und anschließend mit Hilfe eines Siemens D-5000 Diffraktometers ( $\lambda = 1,54060\text{ nm}$ ) mit integriertem sekundären Nickel-Monochromator röntgenographisch im Bereich zwischen  $3^\circ$  bis  $70^\circ\ 2\theta$  zu untersuchen.

Routinemäßig wurden Dünnschliffe der Duricrustproben mit Hilfe der Polarisationsmikroskopie petrographisch beschrieben. Kathodolumineszenzmikroskopische Untersuchungen zum Zwecke der Zementgenerationsunterscheidung ergänzten die petrographische Beschreibung des Probenbestandes. Hierbei wurden die polierten Dünnschliffe mit einer Kathodenspannung zwischen 15 kV und 20 kV und einem Strom von 300  $\mu$ A bis 400  $\mu$ A analysiert.

## **Geologie der Namib Gruppe-Sedimente**

Die vorhandenen känozoischen Einheiten bestehen überwiegend aus klastischen Sedimenten. Die Klasten entstammen den lokalen Grundgebirgseinheiten und lassen sich zumeist via Clast Count Analyse den jeweiligen Liefergebieten zuordnen, wobei der Bloedkoppie Granit, Meta-Sedimente (u.a. Kalksilikatfelse, Granofelse) der Tinkas-Formation und Arkosen bzw. Quarzite der Etusis-Formation die häufigsten Klasten bilden (HAMBLETON-JONES 1976, TRITTSCHACK 2008).

Neben fluviatilen Ablagerungen, die sich durch einen linsenförmigen Internbau, gelegentliche Dachziegellagerung und fining-upward-cycles auszeichnen und bevorzugt im Zentralteil des Gawib Tales anzutreffen sind, existieren alluviale Fächersedimente und kolluviale Fächer am Übergang zu höher exponierten Bereichen. Zu den exponierten Bereichen mit einem hohen Hangneigungswinkel zählen sämtliche Erhöhungen am nördlichen Ende des Untersuchungsgebietes (Abb. 1).

Standardprofile zeigen grundsätzlich zwei zu unterscheidende Übergänge zwischen Grundgebirge und känozoischer Auflage (Namib Gruppe). Die weit verbreiteten natürlichen Aufschlüsse sind durch unverwitterte oder sehr schwach alterierte Gesteine der jeweiligen Grundgebirgseinheit, zumeist Kalksilikatfelse der Tinkas-Formation, charakterisiert. Dies erscheint umso erstaunlicher, da die Basis der einsetzenden Lithotypen I und II der Langer Heinrich Formation überwiegend alterierte, intensiv rot und weiß gefärbte Klasten der Tinkas-Formation enthält. Dem gegenüber stehen die im aktuellen Tagebau aufgeschlossenen, intensiv alterierten und zersetzten Relikte der Tinkas Formation. Diese weisen sich durch eine vollständige Zersetzung der primären Gefügemerkmale aus, wobei Glimmer-reiche und sehr weiche Alterationsprodukte mit einer Mächtigkeit von bis zu einem Meter als Relikt der primären Kalksilikatfelse anzusehen sind. Im Gegensatz zu den hangenden Sedimenten sind diese nicht oder nur wenig durch sekundäre Zemente verfestigt. Derartige Alterationszonen treten weder kontinuierlich auf, noch besitzen sie eine größere Verbreitung in den bisher aufgeschlossenen basalen Bereichen des vererzten Paläo-Flussbettes. Allerdings existieren in einigen Teilen des Untersuchungsgebietes mit Glimmer angereicherte Kalkkrusten, die auf ein Vorhandensein oder zumindest eine Aufarbeitung älterer Alterationszonen hinweisen (TRITTSCHACK 2008).

Darüber setzt häufig ein basales Konglomerat ein (Abb. 2), welches in seiner Komposition und Mächtigkeit stark von lokalen Gegebenheiten beeinflusst wird. Korngrößen variieren zwischen Kies- und Blockkomponenten, wobei einzelne Blöcke Größen von einem halben Meter erreichen können. Der überwiegende Anteil der Klasten besteht aus Blöcken zwischen 10 und 40 cm. Der Rundungsgrad innerhalb dieses Basalkonglomerates variiert mit der Korngröße und der Klastenart. So besitzen Blöcke der Tinkas Formation keine Rundung oder nur Kantenrundung. Innerhalb der Stein- und Kiesfraktion herrschen geringfügig höhere Rundungsgrade vor, wobei einzelne Klasten einem pegmatitisch-granitisch dominierten Basement entstammen (Bloedkoppie Granit). Allgemein erfuhr dieser Bereich des Lithotyps I der Langer Heinrich Formation eine starke Verfestigung durch kalzitische und dolomitische Zemente, die mikroskopisch in mehrere Generationen unterschieden werden konnten (TRITTSCHACK 2008).

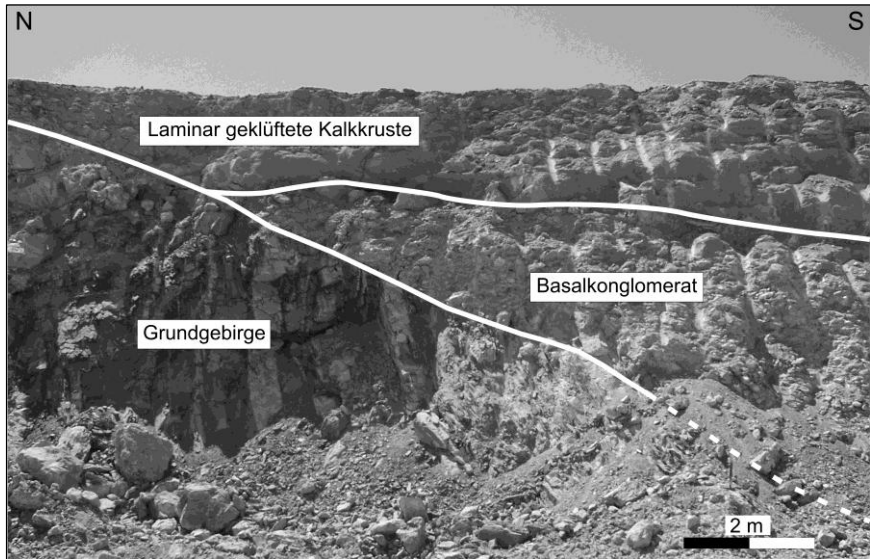


Abb. 2: Diskordant einsetzendes Basalkonglomerat über Kalksilikaten der Tinkas-Formation im aktuellen Tagebau der Langer Heinrich Uran Mine, darüber folgt eine laminar geklüftete, sandig-kiesige Kalkkruste; Hammer als Maßstab am rechten unteren Bildrand; Foto: R. TRITTSCHACK (2007)

Über dem Basalkonglomerat folgt eine stark wechselnde Abfolge aus nicht miteinander zu korrelierenden Rinnenfüllungen, die einen stetigen Wechsel von Sedimentation und Erosion erkennen lassen. Die Palette an sedimentologischen

Strukturen und Eigenschaften umfasst eine Vielzahl derer, die typisch sind für das fluviatile Milieu. Durch die geologische Geländekartierung und die umfangreichen Erkundungen mittels diverser Bohrverfahren konnte frühzeitig ein mäandrierender Verlauf des Palão-Flussbettes nachgewiesen werden, der sich auch im rezenten Lauf des Gawib Rivers widerspiegelt. Intern lassen sich neben den Rinnenfüllungen unter anderem Schrägschichtungsstrukturen, laminar geschichtete Bereiche und wiederkehrende fining-upward-cycles beobachten. Einmündungen kleiner Nebenläufe sind durch eine Erhöhung des Klastenanteils jener Einheit charakterisiert, die durch den jeweiligen Nebenlauf erodiert wird. Besonders deutlich wird dies bei Nebenläufen, die das Verbreitungsgebiet der überwiegend schwarz und dunkelgrau gefärbten Tinkas Formation entwässern (TRITTSCHACK 2008).

Der Übergang zum Lithotyp II der Langer Heinrich Formation wird durch einen deutlichen Farbumschlag der Matrix von grau zu rot, dem Fehlen einer primären Karnotitmineralisation und dem deutlich erhöhten und dominierenden Anteil von Etusis entstammenden Arkosen und Quarziten markiert. Darüber hinaus lässt sich in einigen Bereichen eine deutliche Abnahme des Verfestigungsgrades als Folge einer veränderten Zementzusammensetzung erkennen (TRITTSCHACK 2008). Einige Aufschlüsse besitzen zudem vertikale keilförmige Absonderungsgefüge, ohne dabei eine turbate Erscheinung zu zeigen. Der Übergang zu den im Hangenden befindlichen Alluvialen Fanglomeraten ist durch eine bis zu zwei Meter tief in den Lithotyp II eingeschnittene Erosionsdiskordanz gekennzeichnet. Die Fanglomerate selbst bestehen häufig zu 90 bis 100% aus ungerundeten und kantengerundeten Blöcken der Etusis Formation, wobei basale Bereiche eine Schichtung erkennen lassen. Hangende Bereiche dieser Einheit zeichnen sich durch einen ungeschichteten, chaotischen Internbau aus. Die Verfestigungsgrade wechseln von Aufschluss zu Aufschluss. Allgemein gilt, dass basale Bereiche häufig eine geringe Porosität aufweisen und hangende Bereiche bzw. solche die als Erosionsrelikte direkt auf dem Grundgebirge anstehen einen hohen Porenraumanteil besitzen (TRITTSCHACK 2008).

Eine deutlich von den übrigen Kalkkrusten abweichende Einheit befindet sich entlang der nördlichen Umrandung der Bloedkoppie Flats. Diese besteht aus einem nach NETTERBERG (1971) zu klassifizierenden „hardpan calcrete“, der mit einer Mindestmächtigkeit von einem Meter die lokal verbreiteten Grundgebirgseinheiten aus Bloedkoppie Granit und Tinkas-Formation diskordant überdeckt. Das nicht gerundete oder kantengerundete Klastenspektrum umfasst Gesteine dieser beiden Einheiten und einiger mit Bloedkoppie Granit assoziierter Pegmatite. Definitionsgemäß handelt es sich um eine vollständig verfestigte, hochreife Kalkkruste ohne Restporosität und ohne primären Kornkontakt der Klasten (NETTERBERG 1971). Die Farben variieren zwischen einem grau-rot bis intensiven braun-rot. Diese Eigenschaften verleihen diesem Sediment ein „pseudo“-porphyrisches Gefüge und erinnern in einigen Handstücken an Rhyolithe. Auf Grund der geringen Mächtigkeit dieser Kruste spiegeln sich lithologische Unterschiede des Grundgebirges in einem veränderten Klastenspektrum wider. Die wenigen größeren vertikalen Aufschlüsse zeigen eine massige Kalkkruste, die an ihrem Erosionsrand in einen

„boulder calcrete“ (sensu Netterberg 1971) übergeht, der sich fast über die gesamten Bloedkoppie Flats nachweisen lässt (TRITTSCHACK 2008).

Weitere im Untersuchungsgebiet verbreitete Einheiten präsentieren sich lediglich als flach geneigte Deflationsoberflächen, die sich geomorphologisch unterscheiden lassen. Das größte Verbreitungsgebiet derartiger Oberflächen findet sich in den westlich des aktuellen Tagebaus gelegenen Gawib Flats. Eine geomorphologische Aufnahme von TRITTSCHACK (2008) erbrachte eine klar zu differenzierende lithologische Abfolge (Abb. 3), die mit den Kalkkrusten des Zentralteils korreliert werden konnte (Abb. 6).

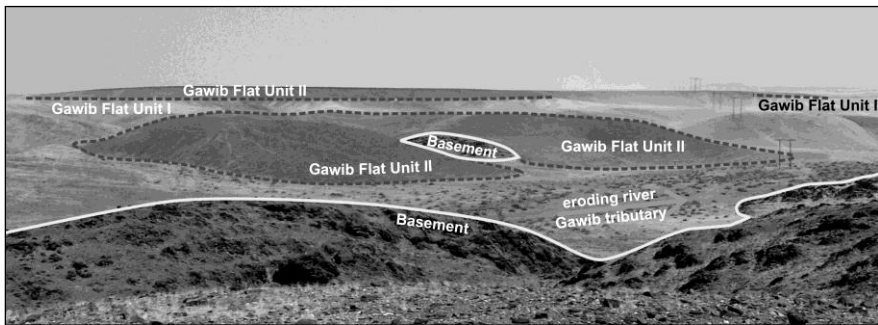


Abb. 3: Geomorphologische Interpretation der am Ostende der Gawib Flats befindlichen Erosionsoberflächen mit einer deutlich zu unterscheidenden Altersabfolge von Grundgebirge, Gawib Flat Einheit I (Uran-führend), Gawib Flat Einheit II und rezenten Sedimenten; Blickrichtung Nordwesten; Foto: R. TRITTSCHACK (2007)

Insgesamt konnten vier sedimentäre Einheiten, exklusive Grundgebirge, auseinander gehalten werden, wovon zwei Einheiten in Abb. 3 dargestellt sind. Dabei handelt es sich um die Gawib Flat Einheit I und II, sowie eine nicht in Abb. 3 sichtbare Gawib Flat Einheit III und eine eigenständige Swakop Terrasse. Die Gawib Flat Einheit III repräsentiert eine jüngere Einheit, die die Gawib Flat Einheiten I und II aufarbeitet. Mit Hilfe der Clast Count Analyse konnten drei wesentliche Klastenspektren unterschieden werden (Tab. 2), die den jeweiligen Einheiten entsprechen.

Tab. 2: Darstellung der Klastenzusammensetzung im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes (Gawib Flats)

| Typ                 | Eigenschaften  | Einheit                  |
|---------------------|--|--------------------------|
| Klastenspektrum I   | Mäßig bis gut gerundete Milchquarze, lachsfarbene Kalifeldspäte, Pegmatite und Granite sowie schwach gerundete Kalksilikatfelse; vorrangig Kiese   | Gawib Flat<br>Einheit I  |
| Klastenspektrum II  | Nicht gerundete bis schwach gerundete Klasten bestehen vorrangig aus Gesteinen der südlich der Gawib Flats ausbeißenden Tinkas-Formation (z.B. Kalksilikate, Granofelse, Amphibolite, Hornblende führende Marmore); Kiese bis Blöcke | Gawib Flat<br>Einheit II |
| Klastenspektrum III | Sehr gut gerundete, mit bräunlichen Oxidhäutchen (Wüstenlack) überzogene Milchquarze mit einem hohen Anteil idiomorpher Staurolithe; Kiese bis Steine  | Swakop<br>Terrasse       |

### Mineralogie der känozoischen Einheiten

Mineralogische Untersuchungen an der Tonmineralfraktion unterschiedlicher Lockersedimentproben mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie erbrachten Erkenntnisse über diverse Tonmineralassoziationen innerhalb der bei der Geländekartierung auseinander gehaltenen Einheiten. So konnten im Wesentlichen Smectit, häufig Montmorillonit und verschiedene Magnesium-Smectite, Mixed-Layers Smectite (nicht näher identifiziert), Kaolinit, Illit, Palygorskit und Sepiolith, sowie Phlogopit und Muscovit als Vertreter der Glimmergruppe, nachgewiesen werden. Ein Großteil dieser Schichtsilikate erwies sich als Durchläufer. Lediglich Palygorskit und dieser in Assoziation mit Sepiolith, fand sich ausschließlich im Lithotyp I der Langer Heinrich Formation. Die besten Kristallinitäten von Smectit, sichtbar durch besonders deutliche Peaks im Diffraktogramm, fanden sich in den intensiv rot gefärbten Partien des Lithotyps II der Langer Heinrich Formation. Ähnliche Assoziationen wurden bereits von Kalkkrusten der Kalahari (WATTS 1980) und Namibias (z.B. EITEL 2000) beschrieben.

Spektroskopische Untersuchungen zeigten ein ähnliches, wenn auch weniger differenziertes Bild dieser Tonmineralassoziation, da ein Großteil der Tonminerale ähnliche oder gleichartige Absorptionsmerkmale aufweist (TRITTSCHACK 2008). Wesentlicher Vorteil der spektroskopischen Methode ist die kostengünstige, zerstörungsfreie und sehr schnelle Identifikation des Zementtyps, der sich häufig binnen weniger Minuten ermitteln lässt. Auf Grund der Lage spezieller Absorptionsmerkmale war eine zweifelsfreie



Unterscheidung von Kalzit, Dolomit, Gips und Palygorskit in den Proben des Untersuchungsgebietes möglich (TRITTSCHACK 2008). Mit Hilfe der Polarisations- und Kathodolumineszenzmikroskopie konnte darüber hinaus ein Nachweis über die Koexistenz von amorpher Kieselsäure und Kalzit erbracht werden. Hinzu kommen sowohl mehrere Mikrometer große Palygorskitnadeln (Abb. 4 und 5), als auch Palygorskitzemente, die mit Kieselsäurereichen Partien vergesellschaftet sind (BÜLOW 2008, TRITTSCHACK 2008).

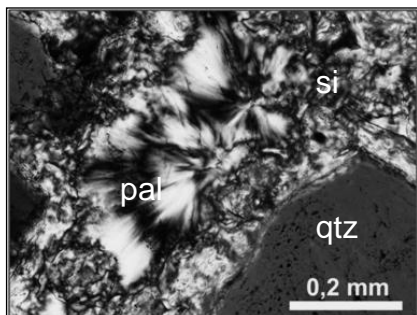


Abb. 4: Palygorskitnadeln als Porenraumfüllung in einer Kalkkruste der Alluvialen Fanglomerate, pal-Palygorskit, si-amorphe Kieselsäure, qtz-Quartz; Foto: S. BÜLOW 2008

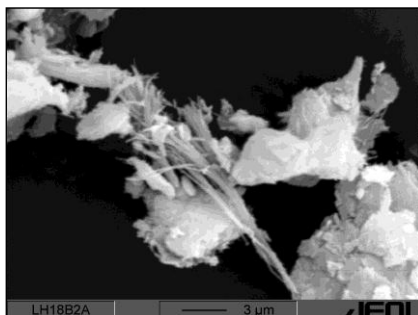


Abb. 5: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme nadeliger Palygorskitminerale einer Tonfraktionsprobe des Lithotyps I der Langer Heinrich Formation; Foto: F. BULLERJAHN 2008

Die angewandten analytischen Verfahren ergaben einen mineralogischen Fingerabdruck, der sich am besten in den spektroskopischen Daten widerspiegelt. Dieser wurde unter anderem für die lithostratigraphische Korrelation der Deflationsoberflächen der Gawib Flats und der vertikalen Abfolgen der Langer Heinrich Formation und vergesellschafteter Einheiten im Zentralteil des Untersuchungsgebietes genutzt.

## Fazit

Mit Hilfe der vorgestellten Arbeitsmethoden und Ergebnisse konnten Beschreibungen von früheren Autoren (u.a. HAMBLETON-JONES 1976, HARTLEB 1988) zur Lithologie der Langer Heinrich Formation bestätigt und ergänzt werden. So handelt es sich bei den im Zentralteil des heutigen Gawib Tales vorhandenen Sedimenten eindeutig um die eines älteren Flusslaufes, der durch einen stetigen Wechsel von Sedimentation und Erosion geprägt war. Die

intensiv kalzifizierten Einheiten und der in fast allen Einheiten nachgewiesene Anteil an Palygorskit spricht für eine Bildung in ariden bis semiariden Klimaten (TRITTSCHACK 2008). Der relativ hohe Magnesiumanteil, der durch das Auftreten von Palygorskit, Sepiolith, Magnesium-Smectit und partiell Dolomit angezeigt wird, ist nach einer vergleichenden Ansicht der Daten von WATTS (1980) und EITEL (2000) auf:

- (1) die primäre Ausscheidung von tief-Magnesium-Kalzit und gleichzeitiger Bildung von Palygorskit in einem pedochemischen Milieu mit  $Mg+Si:Al \gg 1$  und einem jährlichen Niederschlag kleiner 300 mm oder
- (2) einer primären Ausscheidung von hoch-Magnesium-Kalzit, einer anschließenden Phase des Neomorphismus unter Bildung von tief-Magnesium-Kalzit und der Bereitstellung von Magnesium

zurückzuführen. Die letztgenannte Variante sieht anschließend eine Neomorphose von Palygorskit, Sepiolith und Dolomit, eine Umwandlung von Montmorillonit in Palygorskit und/oder eine Umwandlung von tief-Magnesium-Kalzit zu Dolomit vor (WATTS 1980, EITEL 2000).

Die Neubildung oder zumindest die Umbildung aus frühzeitig entstandenen Karbonaten wird durch das Vorhandensein diverser Zementgenerationen belegt. Hierbei sind vor allem palisadenförmige, sparitische Kalzite als Klastenumrandung und mikritische Zwickelfüllungen zu erwähnen (BÜLOW 2008, TRITTSCHACK 2008). Eine mikroanalytische Untersuchung der Kalzitgenerationen könnte einen Hinweis auf die kogenetische Bildung von Palygorskit und tief-Magnesium-Kalzit geben. Darüber hinaus zeugen idiomorph ausgebildete und intern rhythmisch zonierte Dolomitkristalle in den basalen Bereichen des Lithotyps I der Langer Heinrich Formation von einer stetig wechselnden Elementzufuhr, die sich in den optischen Eigenschaften widerspiegelt (TRITTSCHACK 2008).

Die mineralogischen Fingerabdrücke ergaben im Vergleich mit den sedimentologischen und geomorphologischen Daten, dass einige, durch die Erosion der Gawib Flat Einheit III Fläche (rezente Erosionsfläche an der S und SW Flanke des Gawibs) freigelegte ältere Sedimente, insbesondere der hangende Teil der Gawib Flat Einheit I, äquivalent zum Lithotyp II der Langer Heinrich Formation sind (TRITTSCHACK 2008). Daraus ergibt sich, dass der liegende Bereich und damit der Großteil der Gawib Flat Einheit I äquivalent zum Lithotyp I ist. Diese Erkenntnis wird auch durch Bohrdaten des Minenbetreibers bestätigt. Auf Grund der petrographischen Eigenschaften des Deflationspflasters der Gawib Flat Einheit III und der geomorphologischen Position im Hangenden der Lithotyp I+II-Äquivalente, ist davon auszugehen, dass die Sedimente zeitgleich mit den Alluvialen Fanglomeraten im Zentralteil des Untersuchungsgebietes entstanden sind (Abb. 6).

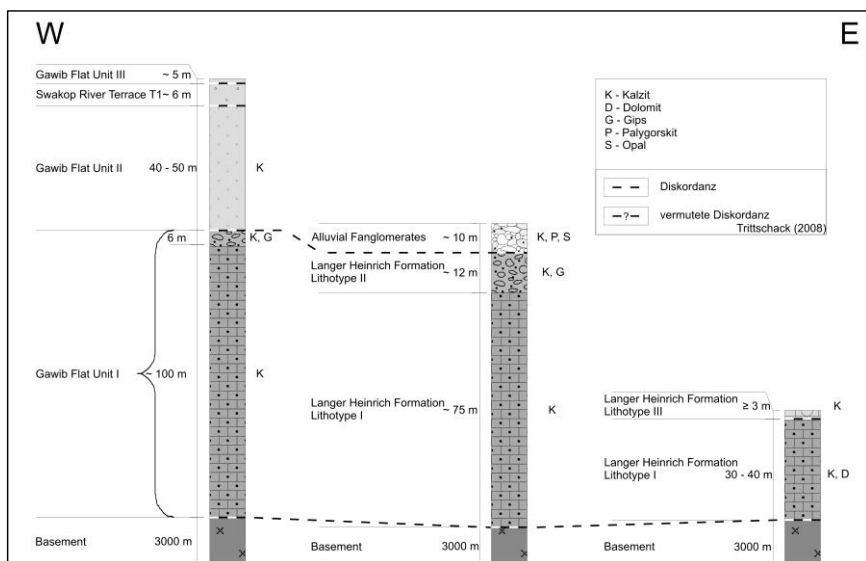


Abb. 6: Zusammenfassende schematische Profildarstellung der im Untersuchungsgebiet verbreiteten Einheiten und Deflationsoberflächen einschließlich der vorhandenen Zementtypen

**Danksagung:** Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Hilfe und Unterstützung durch Paladin Energy Ltd. und die Langer Heinrich Uranium Ltd., ohne die dieses Projekt nicht hätte realisiert werden können. Ein besonderer Dank gilt Dr. Katrin Syme für die Organisation und Einführung in die geologischen Besonderheiten vor Ort. Ein weiterer Dank geht an Sandy Bülow für ihre detaillierten mikroskopischen Untersuchungen, deren Ergebnisse in ihrer B.Sc. Arbeit zusammengefasst dargestellt wurden.

## Literaturverzeichnis

- BÜLOW, S. (2008): Sedimentpetrographische Untersuchungen an Boden- und Grundwasser-Calcretes der Langer Heinrich Mine/Namibia mit Hilfe des Polarisations- und Kathodolumineszenzmikroskopes. – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; unveröff. B.Sc. Arbeit; 36 pp.
- CARLISLE, D., MERIFIELD, P.M., ORME, A.R., KOHL, M.S. & KOLKER, O. (1978): The distribution of calcretes and gypcretes in southwestern United States and their uranium favourability based on a study of deposits in Western Australia and South West Africa (Namibia). – U.S. Department of Energy, Open-File Report GJBX-29(78): 274 pp.
- EITEL, B. (2000): Different amounts of pedogenic palygorskite in South West African Cenozoic calcretes: Geomorphological, paleoclimatical and methodological implications. – Zeitschrift für Geomorphologie - Supplement Band 121: 139-149.

- HAMBLETON-JONES, B.B. (1984): Surficial Uranium Deposits in Namibia. – In: Surficial Uranium Deposits: Report of the working group on uranium geology; International Atomic Energy Agency; Vienna: 205-216.
- (1976): The geology and geochemistry of some epigenetic uranium deposits near the Swakop River, South-West Africa. – University of Pretoria, Ph.D. Thesis (unpubl.), 306 pp.
- HAMBLETON-JONES, B.B., LEVIN, M. & WAGENER, G.F. (1986): Uraniferous Surficial Deposits in Southern Africa. – In: Mineral Deposits of Southern Africa Vol. **I+II**: 2269-2287.
- HARTLEB, J.W.O. (1988): The Langer Heinrich uranium deposit. – Ore Geology Reviews **3/1-3**: 277-287.
- KEMPF, J. (2000): Klimageomorphologische Studien in Zentral-Namibia: Ein Beitrag zur Morpho-, Pedo- und Ökogenese. – Julius-Maximilian-Universität Würzburg, unveröff. Diss., 715 pp.
- MILLER, R.M. (1992): The stratigraphy of Namibia. – Geological Survey of Namibia; Windhoek, 22 pp.
- NETTERBERG, F. (1971): Calcrete in road construction. – Council for Scientific and Industrial Research Report **286**: 73 pp.
- PETTERS, S.W. (1991): Regional Geology of Africa. – Lecture Notes in Earth Science **40**; Springer-Verlag; Berlin-Heidelberg, 722 pp.
- SACS (1980): Stratigraphy of South Africa, Part I: Lithostratigraphy of the Republic of South Africa, South West Africa/Namibia and the Republics of Bophutatswana, Transkei and Venda. – Geological Survey of South Africa; Pretoria, 690 pp.
- TRITTSCHACK, R. (2008): Geological characterisation and mineralogical identification of palaeochannel and channel fills at the Langer Heinrich uranium deposit, Namibia. – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; unveröff. Diplomarbeit, 143 pp.
- VAN DER WATEREN, F.M. & DUNAI, T.J. (2001): Late Neogene passive margin denudation history - cosmogenic isotope measurement from the central Namib desert. – Global and Planetary Change **30**: 271-307.
- WATTS, N.L. (1980): Quaternary pedogenic calcretes from the Kalahari (southern Africa): mineralogy, genesis and diagenesis. – Sedimentology **27**: 661-686.
- WILKINSON, M.J. (1990): Palaeoenvironments in the Namib Desert: The Lower Tumas Basin in the Late Cenozoic. – University of Chicago, 196 pp.

Adressen der Autoren:

Dipl. Geol. Roy Trittschack, Department of Geosciences, University of Fribourg, Chemin du Musée 6, CH-1700 Fribourg, Switzerland, email: roy.trittschack@unifr.ch

Prof. Dr. Gregor Borg, Institut für Geowissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 3, D-06108 Halle/Saale, Germany, e-mail: gregor.borg@geo.uni-halle.de